

З метою стабілізації продуктивності до значення Q_A споживачі змушені зменшити гідравлічний опір мережі до значення, при якому характеристика мережі прийме вигляд 6. Робочі точки перейдуть у положення C , C_1 та C_2 (для нерегульованого насосу H_2). На наступному кроці алгоритму контролер знову зменшить оберти першого насоса на фіксоване значення $\Delta\omega_1$ (характеристика 9, сумарна – 8) і перемістить робочі точки в D , D_1 та D_2 (для насосу H_2). Це викличе відповідну реакцію споживачів до стабілізації витрат води.

Такий процес відбуватиметься доти, поки робоча точка насосу H_2 не виявиться праворуч кривої максимального ККД (точка G_2), тобто Q_2 стане більше Q_2^* . Після цього контролер фіксовано збільшить оберти цього насоса, що призведе до збільшення продуктивності та необхідності споживачам прикривати крани. У результаті робота першого насоса характеризуватиметься циклічною послідовністю наступних робочих точок $E_1-F_1-G_1-H_1-E_1$. Для нерегульованого насоса послідовність буде наступною $E_2-F_2-G_2-F_2-E_2$. У результаті роботи алгоритму ККД некерованого насоса буде коливатися в околі значення, що визначається продуктивністю в точці G .

Екстремальний регулятор сумарних втрат у керованому за швидкістю асинхронному двигуні.

Оскільки вищеописаний алгоритм забезпечує коливання ККД некерованого насоса навколо максимального значення, постає питання підвищення енергоефективності частотно-керованого асинхронного двигуна. Його можна розв'язати, застосовавши екстремальне керування сумарними втратами у двигуні.

Сумарні втрати енергії в асинхронних електродвигунах мають магнітну, електричну та механічну складові:

$$P_{\Sigma} = P_{ст} + P_M + P_{мех} = P_{ст.н} \left(a \frac{U^2 f_n}{U_n^2 f} + b \frac{U^2}{U_n^2} \right) + P_{м.н} \left(\frac{M_c}{M_n} \right)^2 \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 \left(\frac{f}{f_n} \right)^2 + P_{мех.н} \frac{1-s}{1-s_n} \frac{f}{f_n},$$

де $P_{ст.н}$, $P_{м.н}$, $P_{мех.н}$ – втрати в номінальному режимі в сталі, міді та механічні; U_n , M_n , f_n , s_n – номінальні напруга статора, момент, частота та ковзання двигуна.

Застосування екстремального регулятора базується на тому, що функція $P_{\Sigma}(U)$ має екстремум, а друга похідна цього виразу більша за нуль.

Результати досліджень двоканальної екстремальної системи автоматичного керування паралельно з'єднаними насосами водопостачання показані з привідними асинхронними двигунами потужністю 160 кВт на рис. 2 та рис. 3.

Висновки. Застосування екстремального керування в багатоагрегатних насосних установках дозволяє суттєво підвищити енергоефективність системи в цілому та знизити втрати потужності у частотно-керованому асинхронному двигуні. У разі підвищення ККД некерованого насоса ККД

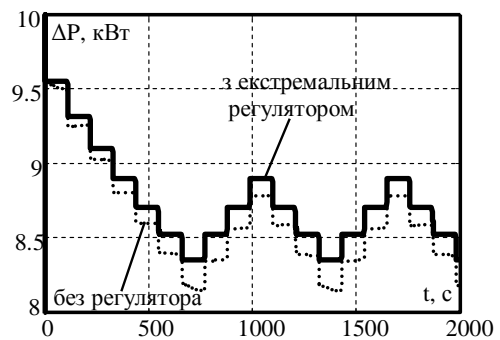


Рисунок 2 – Перехідні процеси сумарних втрат у керованому асинхронному двигуні

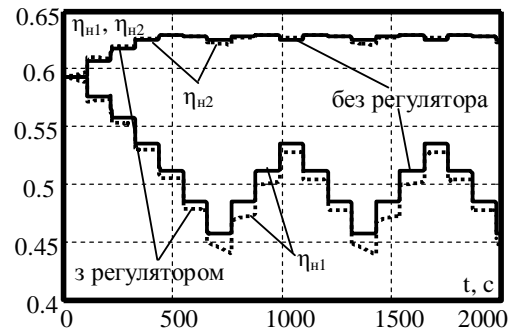


Рисунок 3 – Перехідні процеси ККД керованого та некерованого насосів

керованого буде залежати від розташування робочої точки. Екстремальний регулятор сумарних втрат забезпечує зниження втрат у привідному двигуні при забезпеченні максимального ККД некерованого насоса на 0.2 кВт (0,125 % від номінальної потужності).

ЛІТЕРАТУРА

1. Kiselychuk O., Bodson M., Werner H. Overview of energy efficient control solutions for water supply systems // Transactions of Kremenchuk State Polytechnic Univ. Kremenchuk: KSPU, N3/2009 (56), part 1, 2009. pp. 40-45.
2. Pechenik M., Kiselychuk O., Buryan S. Experimental research of interactive energy saving controller of water supply pump based on flow rate measurement // Вісник НТУ «ХПІ». Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. – №28. – С. 272-274.
3. Бур'ян С.О., Гришук Т.В. Двоканальна екстремальна електромеханічна система автоматичного керування насосною установкою // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – №28. – С. 176-179.
4. Popovich M., Kiselychuk O., Buryan S. Extremal electromechanical control system of water supply pumps connected in series// Transactions of Kremenchuk State University. Kremenchuk: KSU, N3/2010 (62), part 2, 2010. pp.37-41.